

氏 名	池 田 一 郎 いけ だ いち ろう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 311 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 44 年 11 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	湿式酸化法による下水汚泥およびし尿の処理に関する実験的研究

論文調査委員 (主 査) 教授 合 田 健 教授 平岡正勝 教授 高松武一郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、湿式酸化法による下水汚泥およびし尿の処理について、シェーカーテストならびにパイロットプラントを用いた実験研究を行ない、その物質収支機構や適用性を論じたもので、4篇13章から成っている。

第Ⅰ篇は、現在わが国の都市が下水汚泥およびし尿の処理・処分に關して直面している問題点を分析したものである。すなわち、処理すべき汚泥量の飛躍的増大、それを陸上処理するための適地の減少、最終処分量を減少させる問題、および化学的により安定で、衛生的により安全な状態にすること、さらには、汚泥処理法の選択に際し原料の質的、量的変動に対する操作の柔軟性と安定性の保証や、施設のコンパクト化、公害防止、操作自動化などが当面の重要課題であることを明示した。それと同時に、現在下水汚泥およびし尿の処理に用いられている各法に対する、湿式酸化法の技術的位置を論じている。これは、湿式酸化プロセスの主要な機能、反応条件等について、これまでの米国における応用例をも参考にした、著者独得の分析である。

第Ⅱ篇は、下水汚泥の湿式酸化処理に関する実験的研究の成果と考察である。まず、振とう式オートクレーブを用いた回分試験の成果を述べている。すなわち、予熱を終え、過剰酸素と混合して高温・高圧下で振とうを行なえば、酸化反応は30分ていどで平衡に達するが、その酸化度を原料 COD の減率であらわせば、それは圧力よりも反応温度によって支配され、高温であるほど酸化混合液中の固形分の沈降分離が容易になること、また、不溶性の COD 物質は、いったん溶出したのち酸化、安定化されることを述べている。

つぎに、乾燥固形物 2.7 t/日の生産能力をもつパイロットプラントによる実験の経過と結果とを述べたが、酸化度約60%を維持しつつ、外部からの熱補給なく反応を持続させることを目標に、反応圧力、同温度、流量等を変えて実験研究を行なった結果、そのような連続運転は実際に十分可能であること、また、その際の酸化混合液の沈降性は良好で、灰渣中の未分解有機物質は少量であり、ほぼ安定した性状である

ことを示した。この灰渣の脱水処理については、真空ろ過、自然乾燥およびプレスろ過の比較実験を行なったが、酸化度に変動があっても、薬品添加なしで所期の脱水率が得られる点で、プレスろ過が最もすぐれていることを明らかにした。なおこれらの実験はすべて、横浜市中部下水処理場内で実験の余剰汚泥を用いて行なったものである。

運転操作に関しては、従事者がとくに大きい労力を払うことなく安全運転が行なえることを確かめた。維持管理上の問題である熱交換器のスケール防止には、この場合苛性ソーダと塩酸の交互循環洗浄が有効であることを実証した。一方、反応塔内にも土砂など無機物の堆積によるトラブルがあるが、それは下水道の合流式システムと関連が強く、下水道系統全体について年2回ほど本格的な清掃が必要であることを述べている。臭気や騒音についての検討では、それほどの問題はないが、酸化混合液とスクラッパーの排気の脱臭について適当な対策を講ずれば十分であることを示した。

つぎに経済性の問題について、本法による施設の建設費および用地費を他法と比較することは諸種の理由で厳密には困難であるが、一般的にいて、乾燥固形物1t/日あたりの建設費は、嫌気性消化・脱水・乾燥焼却の方式によるのと大差なく、用地費のウェイトが大きいほど本法が有利となることを明らかにした。一方維持費は、施設能力が同じであれば、本法は上記のような処理法よりも明らかに有利で、灰渣脱水まで含め、乾燥固形物収量1t/日につき、5t/日以上処理規模であれば、6,000～8,000円/日であることを示した。

以上の研究結果にもとづいて、横浜市北部下水処理場に、計画処理人口163,000人に対応する湿式酸化汚泥処理施設を計画し、建設・完成した経緯を述べている。

第Ⅲ篇では、し尿の湿式酸化処理に関する諸問題を、実験的研究の成果を中心に論じている。まず、くみ取りし尿について、原し尿のCOD値と理論発熱量の相関関係から、湿式酸化における必要空気量が推定できることを示し、振とう式オートクレーブによる回分式酸化実験の結果を論じた。すなわち、下水汚泥に対して行なったのと同様な方法で酸化度を中心に物質収支機構を解析したが、酸化率は下水汚泥の場合よりやや低くなること等を指摘している。つぎにやはりくみ取りし尿を、前記と同じパイロット湿式酸化装置により連続処理して、温度、反応塔圧力、処理負荷などの要因の変化と、全体プロセスにおける物質収支との関係を検討した。原料し尿のCOD 30 g/lで、燃料の補給なく連続湿式酸化が実用上可能であるが、運転の持続時間は熱交換系統のスケール生成速度に支配され、下水汚泥処理の場合に比し短い。総窒素量はほとんど減少しないが、酸化混合液の沈降性はまず良好である。しかし、酸化分離液に残存するアンモニア性窒素および有機酸の濃度が下水汚泥の場合より大であることに注意を喚起した。また、下水汚泥の場合に見られたのと同様な溶化現象が、ここでも実証された。スケール除去による熱交換器の機能回復には、この場合は水と硝酸による交互循環洗浄が有効であることを確かめている。

経済性について、用地費を含めた建設費は、小規模の場合は他の処理法より割高となるが、処理規模150kl/日以上であれば逆に割安となり、やはり用地費が重要な因子となることを指摘している。一方維持管理費は、他の処理法とあまり差異がないことを述べた。

熱交換器等、腐食が問題になる部分の材質について、詳細な実験的検討を行なっているが、SUS 27、SUS 38のいずれの場合も腐食が激しく、曲管部においてそれが特に顕著であることを指摘した。そこ

で、クロム鋼、インコネル 600、炭素鋼管など 10 種類の材質について、予想される苛酷な運転条件での耐食性を長時間に亘り試験した結果、実用上十分な耐食性を有するものは、供試材質のうちではチタンのみであることを明らかにした。

し尿の湿式酸化分離液の後処理については、室内実験と野外のテストプラントによる実験とで活性汚泥処理の応用性を検討した。その結果、処理原液の希釈調整により入力 BOD を $800 \sim 900 \text{ mg/l}$ 、負荷値を $50 \sim 80 \text{ kg BOD/MLSS 100 kg/日}$ 前後にコントロールすれば、BOD 除去率を 90% 以上に保ちうることを示した。

第 IV 篇では、以上の研究の総括と結論を述べたが、湿式酸化法が下水汚泥およびし尿の処理において、十分実用しうるものであることを示した。

論文審査の結果の要旨

わが国諸都市が、下水・し尿の処理で当面している重要課題の一つが、処理処分すべき汚泥量の急増と、その処分用地の問題である。これに対し本論文は、下水汚泥およびし尿に対し新たに湿式酸化法の適用を試み、大規模な実験的研究の成果を基礎に、同法応用の意義を明らかにしたものである。

実験研究はまず、活性汚泥法における下水の沈殿汚泥および余剰活性汚泥を対象とし、振とう式オートクレーブを用いる回分式酸化、つぎに、乾燥汚泥量で 2.7 t/日 の能力をもつパイロット実験装置を用いる連続式湿式酸化処理により、物質収支機構や運転の安定性、安全性および経済性を詳細に検討した。このパイロット実験装置は、反応塔のほか高圧ポンプ、熱交換器、気液分離器、固液分離そう等からなっている。その研究成果を要約すると以下ようになる。

回分式シェーカーテストにおいて反応温度、圧力を広範囲に変動させたが、酸化度に及ぼす圧力の影響は少なく、不溶性 COD 物質が熱分解によりいったん溶解したのち酸化される、いわゆる溶化現象を確認した。この時の COD 減少率は、操作温度の上昇とともに 90% 近くまで達しうることを、および酸化混合液を固液分離した場合の、物質移動の基本的性格を明らかにした。

パイロット実験装置による連続処理に関しては、酸化度を約 60% に維持しつつ、外からの熱補給なく湿式酸化反応を持続させることが可能であることを確かめ、酸化混合液の固液分離を容易にするには、 200°C 以上の操作温度が必要であることを明らかにした。分離後の灰渣の脱水には、灰渣の酸化度によりあまり影響されず、薬品添加なしで所期の脱水率がえられる点で、プレスろ過がすぐれていることが判明した。

下水汚泥に対する湿式酸化法の経済性については、原料中の構成物質の差異等により厳密な検討は困難であるが、著者は、乾燥汚泥単位生産量あたりの施設建設費および維持費をパイロット実験の実績とそれに基づく実際施設の設計例、他の処理法による同種の資料等について検討し、建設費は、嫌気性消化・脱水・乾燥焼却による方式とほぼ同じであるが、用地費のウェイトが大きくなるほど本法が有利となり、また維持管理費も上の処理法より安いことを明らかにした。

し尿処理における湿式酸化法の適用についても、著者は下水汚泥に対し行なったのとはほぼ同じ手法で、シェーカーテストおよびパイロットプラント実験を行なったが、その主要な成果はつぎのようである。

まず、し尿に対する湿式酸化による COD 減少率は、同じ操作条件では下水汚泥の場合よりもやや劣

る。しかし連続処理では、燃料補給を行なわないでも、反応塔入口圧力70kg/cm²前後、同温度 200°C 以上の操作条件で効果的な処理が可能である。この場合、酸化分離液中のアンモニア性窒素および有機酸濃度は、下水汚泥の場合よりも大であり、それに対する活性汚泥処理では、希釈調整により入力 BOD を 800~900 mg/ℓ、負荷率を 50~80 kg BOD / MLSS kg/日に保てば90%以上の BOD 除去率を得ることが可能である。

以上は、し尿に対する本方式の適用の可能性を裏づける成果であるが、操作上の問題として下水汚泥の場合に比し装置の腐食が著しく速いことが問題になる。著者はこの点に注目し、クロム鋼、インコネル 600、炭素鋼など10種類の材質をえらび、予想される苛酷な環境条件での材質変化を実験検討したが、実用上十分な耐食性を有するものは、これらのうちチタンのみであることを明らかにした。

以上を要するに本論文は、下水処理の余剰汚泥およびし尿に対する湿式酸化法の適用性について、詳細な実験により、酸化達成度、物質収支、および付加処理のありかた等を明らかにし、経済性に関する検討結果とあわせ、本法をわが国の下水・し尿処理に応用する上での重要な参考資料、指針を与えたもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。